

A grayscale photograph of an industrial facility. In the foreground, a large cylindrical tank is visible, with the number '29' printed on its side. A metal staircase or walkway is attached to the top of the tank. The background shows other industrial structures and a cloudy sky.

# **J2MECH**

## **INGENIERÍA Y DISEÑO**

A grayscale photograph of a large industrial building with a flat roof and a series of vertical supports. The building is situated on a paved or gravel area.

Iniciamos en breve...



# Diseño de tanques según API 650

Webinar

Iniciamos en breve...

# OBJETIVO

- Comprender el panorama general de aplicación del estándar API 650.
- Conocer su alcance y limitaciones.
- Observar un ejemplo de cálculo.

# Tanques de almacenamiento

Recipiente para almacenamiento de líquidos a presión atmosférica o muy bajas presiones manométricas.



# Recipiente a presión

Recipiente para almacenamiento de fluidos (líquidos, gases o mezclas de ambos) a presiones manométricas altas.



# ¿Qué es API?



API - American Petroleum Institute

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

*"API is the only national trade association representing all facets of the natural gas and oil industry, which supports 10.3 million U.S. jobs and nearly 8 percent of the U.S. economy. API's more than 600 members include large integrated companies, as well as exploration and production, refining, marketing, pipeline, and marine businesses, and service and supply firms.*

*...API was formed in 1919 as a standards-setting organization. In its first 100 years, API has developed more than 700 standards to enhance operational and environmental safety, efficiency and sustainability.*

*Although our focus is primarily domestic, in recent years our work has expanded to include a growing international dimension, and today API is recognized around the world for its broad range of programs."*

*Tomado de: <https://www.api.org/about>*

# Standard API 650

Estándar que se basa en la experiencia acumulada de usuarios y fabricantes de tanques soldados, para almacenamiento de combustible.

Esta norma pretende ser una especificación de compra para facilitar la fabricación y adquisición de tanques de almacenamiento para la industria petrolera.

## Welded Tanks for Oil Storage

API STANDARD 650  
TWELFTH EDITION, MARCH 2013

ADDENDUM 1, SEPTEMBER 2014  
ADDENDUM 2, JANUARY 2016  
ERRATA 1, JULY 2013  
ERRATA 2, DECEMBER 2014

# Standard API 650

## ALCANCE

|                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| Geometría              | Cilíndrica           |
| Orientación            | Vertical             |
| Material               | Acero <sup>(1)</sup> |
| Fabricación            | Soldado              |
| Apoyo                  | Sobre suelo plano    |
| Presión máxima interna | 18 kPa               |
| Temperatura máxima     | 93°C <sup>(2)</sup>  |

1. Pueden ser de aluminio, bajo condiciones adicionales del Anexo AL
2. Pueden alcanzar hasta 260°C, bajo condiciones del anexo M.

## Welded Tanks for Oil Storage

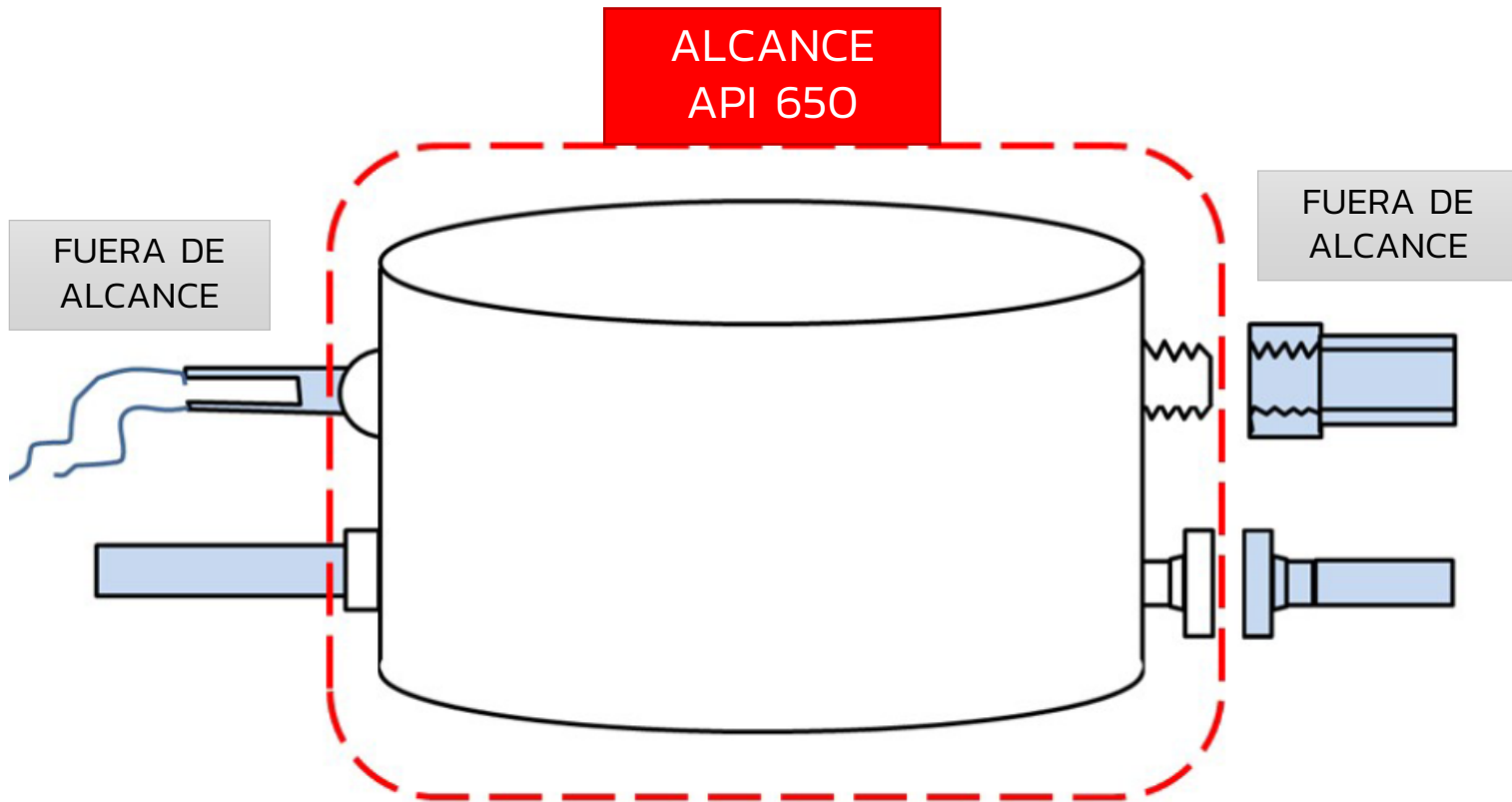
API STANDARD 650  
TWELFTH EDITION, MARCH 2013

ADDENDUM 1, SEPTEMBER 2014  
ADDENDUM 2, JANUARY 2016  
ERRATA 1, JULY 2013  
ERRATA 2, DECEMBER 2014



# Standard API 650

## Limitaciones



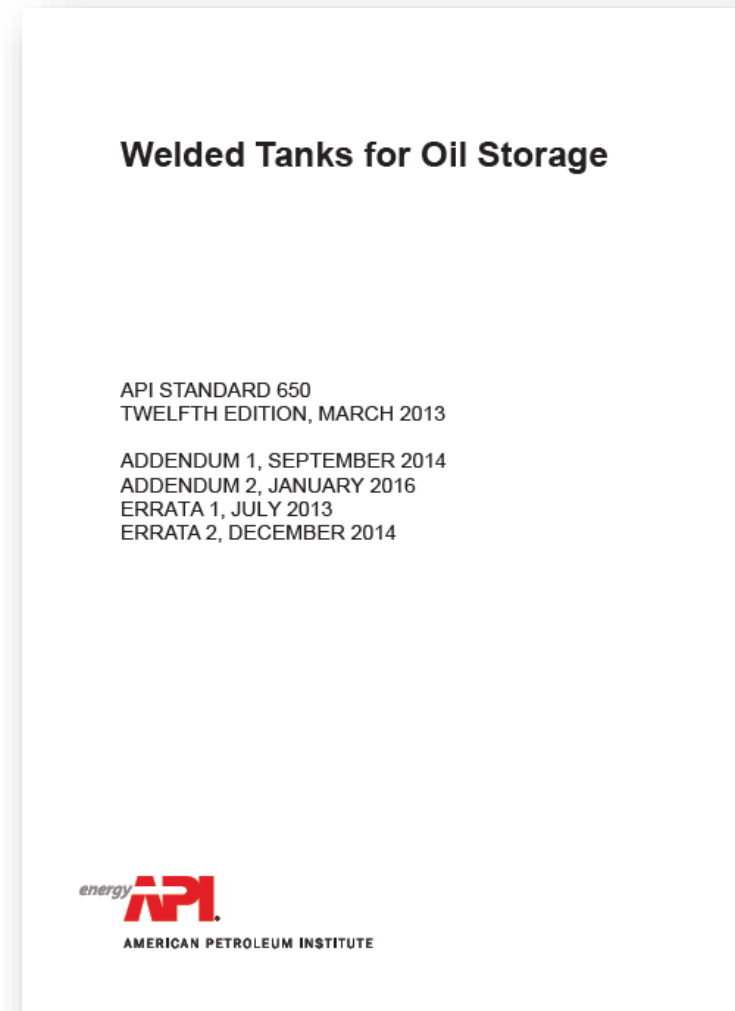
## Welded Tanks for Oil Storage

API STANDARD 650  
TWELFTH EDITION, MARCH 2013

ADDENDUM 1, SEPTEMBER 2014  
ADDENDUM 2, JANUARY 2016  
ERRATA 1, JULY 2013  
ERRATA 2, DECEMBER 2014

# Partes del standard API 650

1. Secciones:
2. Alcance
3. Referencias normativas
4. Términos y definiciones
5. **Materiales**
6. **Diseño**
7. **Fabricación**
8. Izado
9. Métodos de inspección
10. Procedimientos de soldadura y calificación de soldadores
11. Marcado



~ 528 pág.

# Partes del standard API 650

## Anexos:

|          |               |   |
|----------|---------------|---|
| Annex A  | (normative)   | Optional Design Basis for Small Tanks .....   |
| Annex AL | (normative)   | Aluminum Storage Tanks .....  |
| Annex B  | (informative) | Recommendations for Design and Construction of Foundations for<br>Aboveground Oil Storage Tanks ..... |
| Annex C  | (normative)   | External Floating Roofs .....   |
| Annex D  | (informative) | Inquiries and Suggestions for Change .....  |
| Annex E  | (normative)   | Seismic Design of Storage Tanks .....   |
| Annex EC | (informative) | Commentary on Annex E .....   |
| Annex F  | (normative)   | Design of Tanks for Small Internal Pressures .....  |
| Annex G  | (normative)   | Structurally-Supported Aluminum Dome Roofs .....  |
| Annex H  | (normative)   | Internal Floating Roofs .....   |
| Annex I  | (normative)   | Undertank Leak Detection and Subgrade Protection .....  |
| Annex J  | (normative)   | Shop-Assembled Storage Tanks .....  |
| Annex K  | (informative) | Sample Applications of the Variable-Design-Point Method to Determine<br>Shell-Plate Thickness .....   |

## Welded Tanks for Oil Storage

API STANDARD 650  
TWELFTH EDITION, MARCH 2013

ADDENDUM 1, SEPTEMBER 2014  
ADDENDUM 2, JANUARY 2016  
ERRATA 1, JULY 2013  
ERRATA 2, DECEMBER 2014

# Partes del standard API 650

## Anexos:

|          |               |   |       |
|----------|---------------|---|-------|
| Annex L  | (normative)   | API Standard 650 Storage Tank Data Sheet                  | ..... |
| Annex M  | (normative)   | Requirements for Tanks Operating at Elevated Temperatures | ...   |
| Annex N  | (normative)   | Use of New Materials That Are Not Identified              | ..... |
| Annex O  | (normative)   | Under-Bottom Connections                                  | ..... |
| Annex P  | (normative)   | Allowable External Loads on Tank Shell Openings           | ..... |
| Annex R  | (informative) | References for Tanks in Non-petroleum Product Service     | ..... |
| Annex S  | (normative)   | Austenitic Stainless Steel Storage Tanks                  | ..... |
| Annex SC | (normative)   | Stainless and Carbon Steel Mixed Materials Storage Tanks  | ...   |
| Annex T  | (informative) | NDE Requirements Summary                                  | ..... |
| Annex U  | (normative)   | Ultrasonic Examination in Lieu of Radiography             | ..... |
| Annex V  | (normative)   | Design of Storage Tanks for External Pressure             | ..... |
| Annex W  | (normative)   | Commercial and Documentation Recommendations              | ..... |
| Annex X  | (normative)   | Duplex Stainless Steel Storage Tanks                      | ..... |
| Annex Y  | (normative)   | API Monogram  | ..... |

## Welded Tanks for Oil Storage

API STANDARD 650  
TWELFTH EDITION, MARCH 2013

ADDENDUM 1, SEPTEMBER 2014  
ADDENDUM 2, JANUARY 2016  
ERRATA 1, JULY 2013  
ERRATA 2, DECEMBER 2014

# Normas referenciadas



American Society  
of Mechanical  
Engineering



American Society  
for Testing and  
Materials



American Society  
of Nondestructive  
Testing



American  
National  
Standards  
Institute



American  
Petroleum  
Institute



American  
Institute of Steel  
Construction



American  
Society for  
Quality

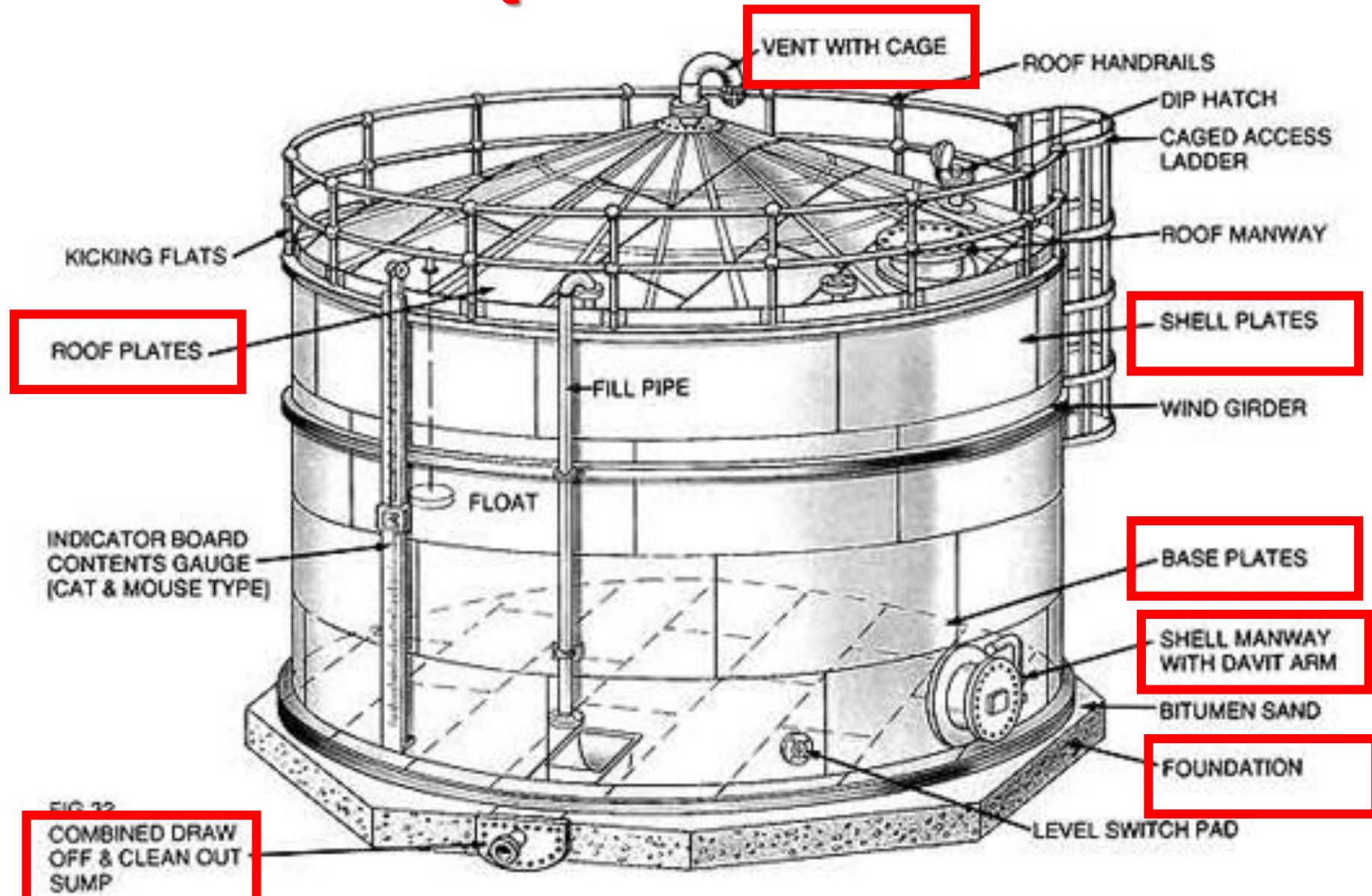


American  
Water Works  
Association

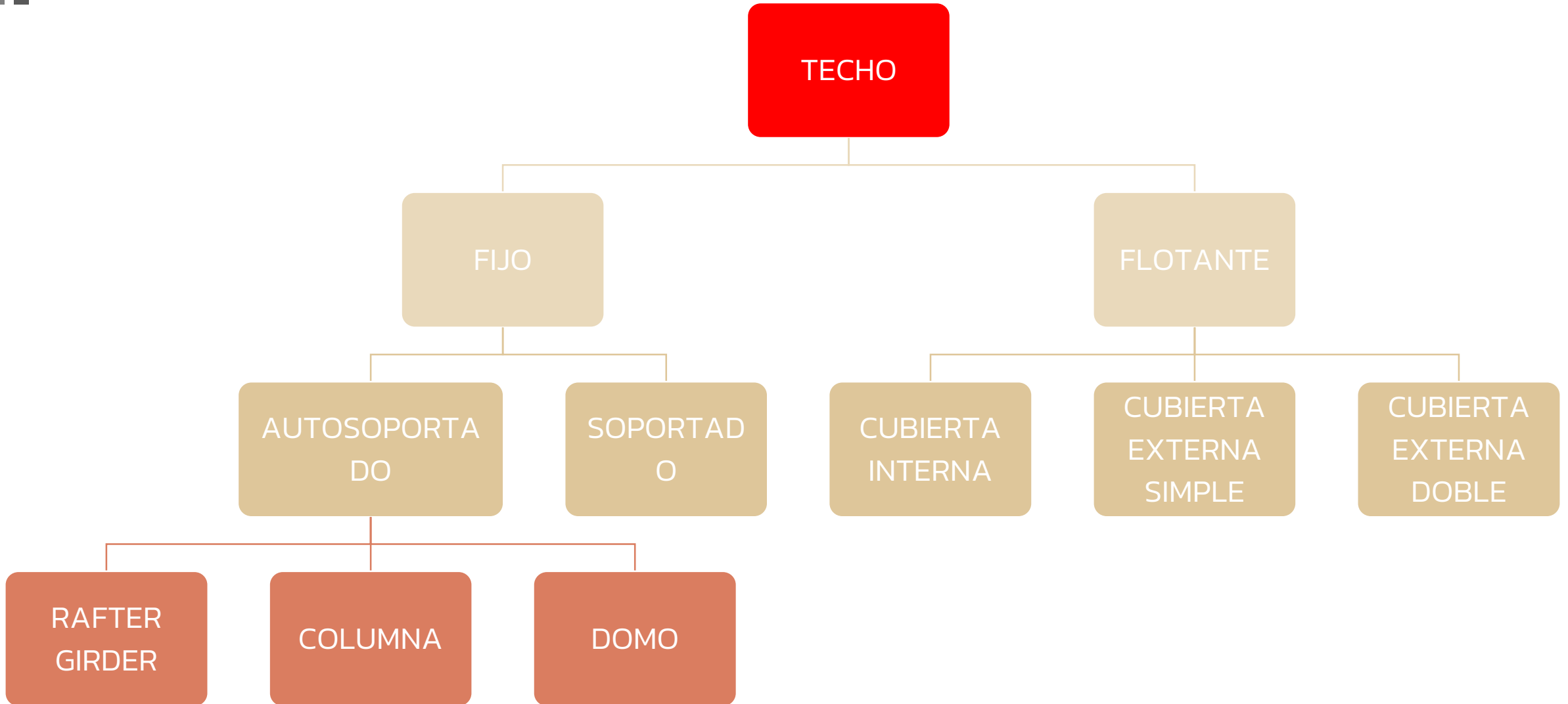


American  
Welding  
Society

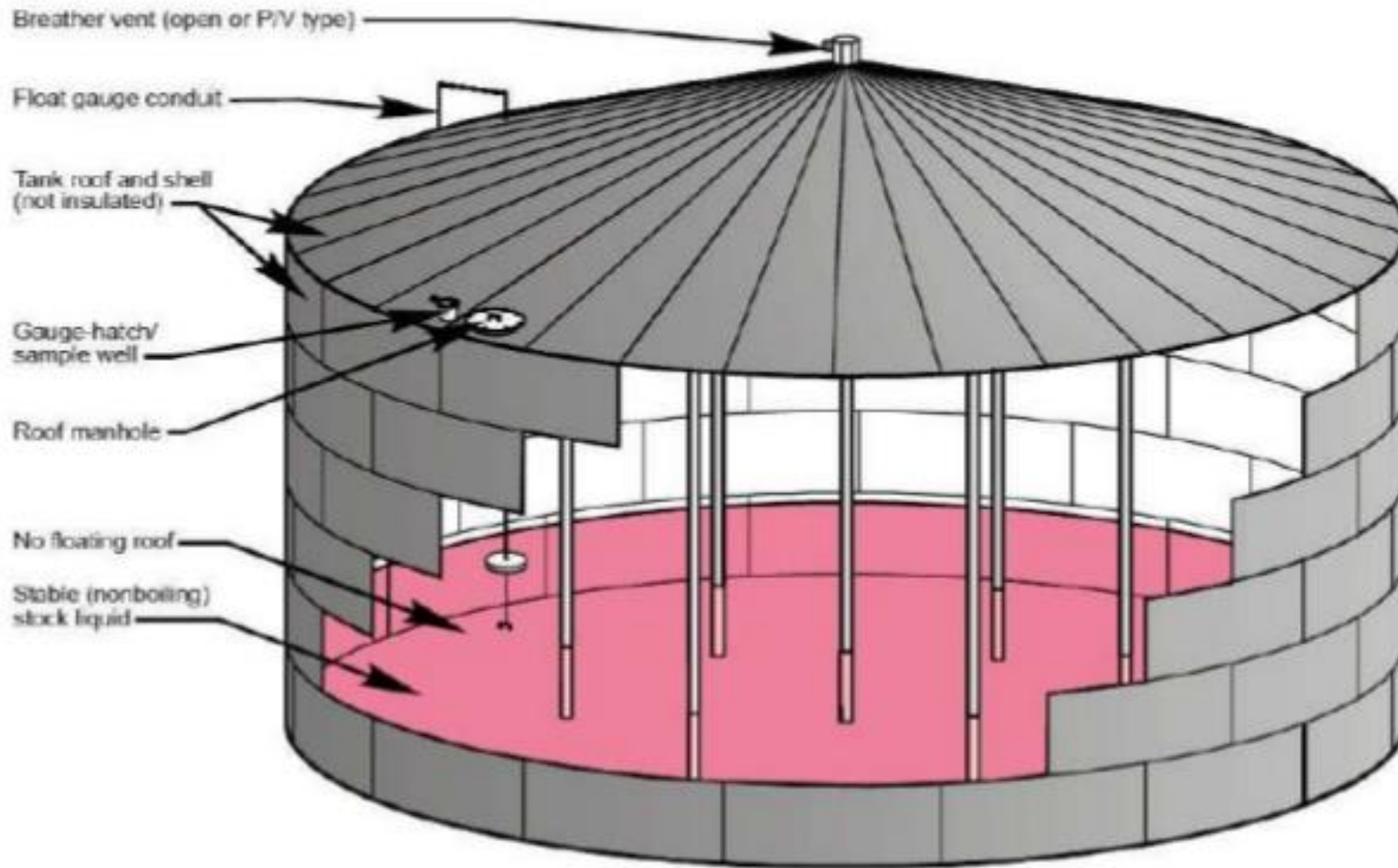
# Partes de un tanque



# Techo (Roof)



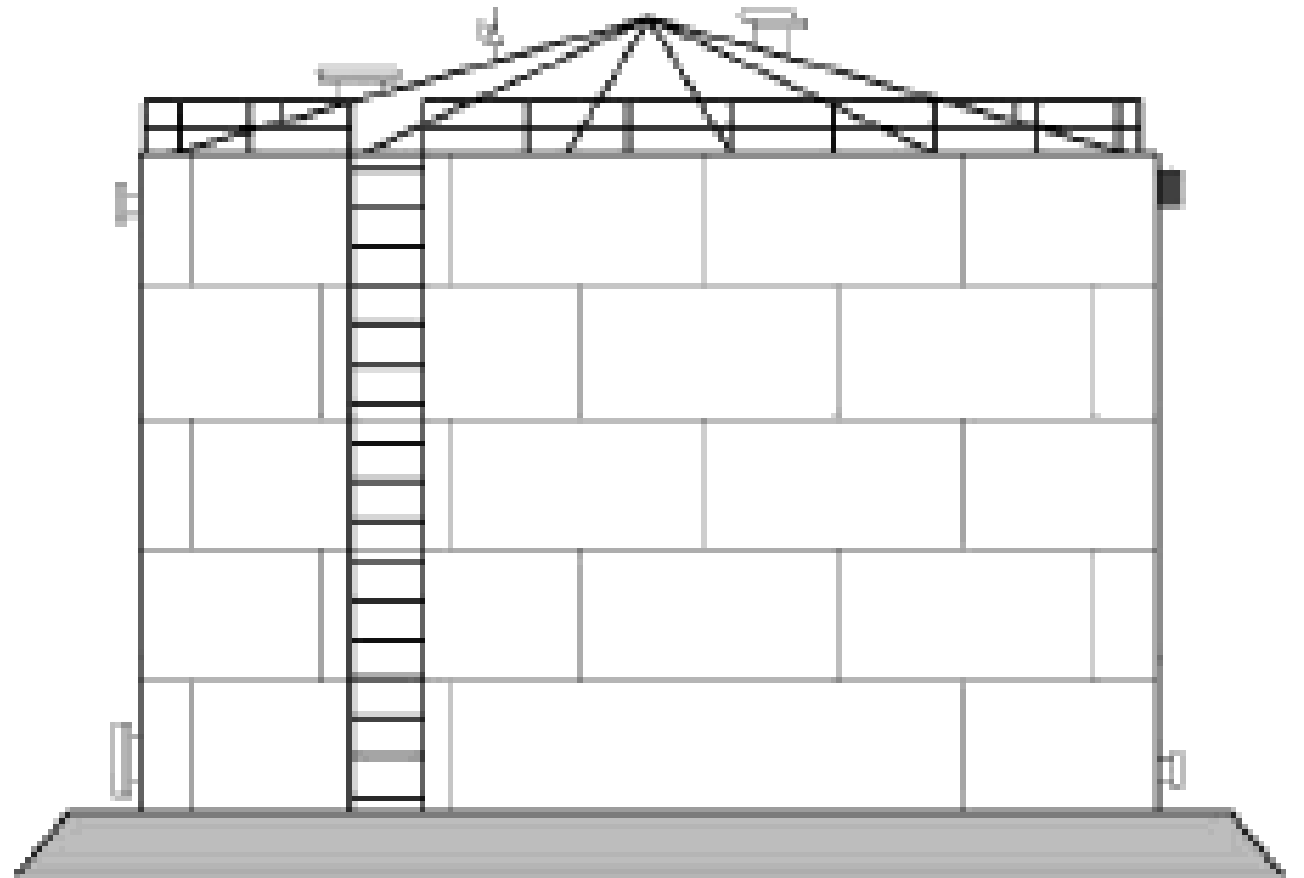
# Techo fijo soportado





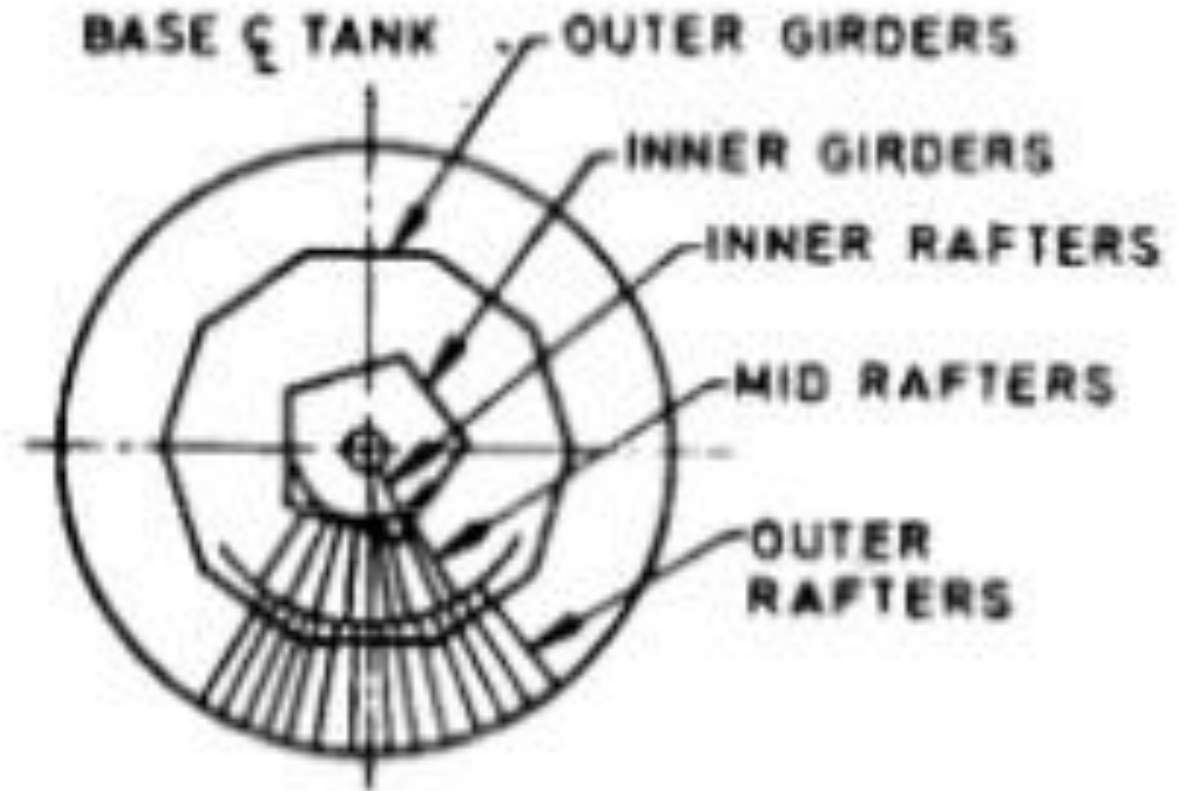
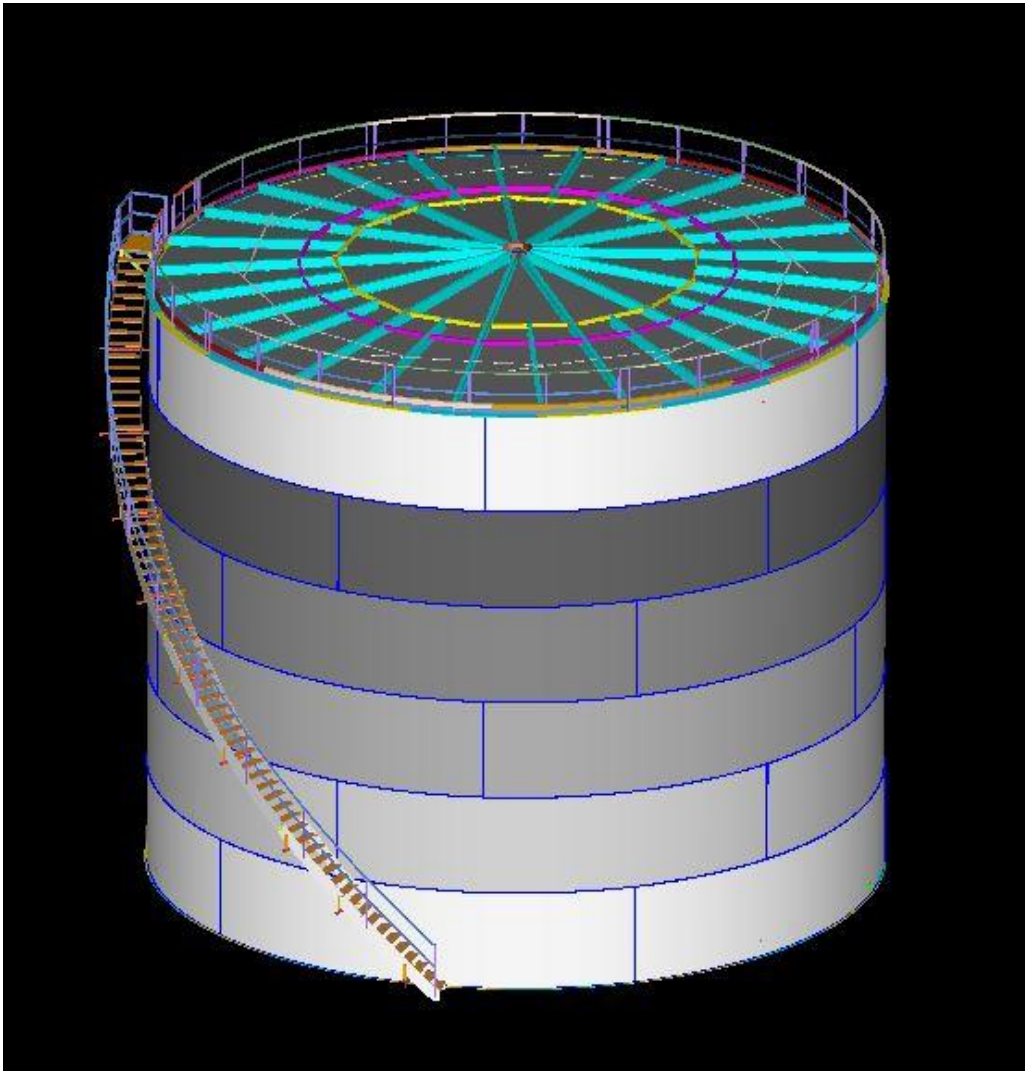
# Techo fijo auto-soportado

## Tipo cónico

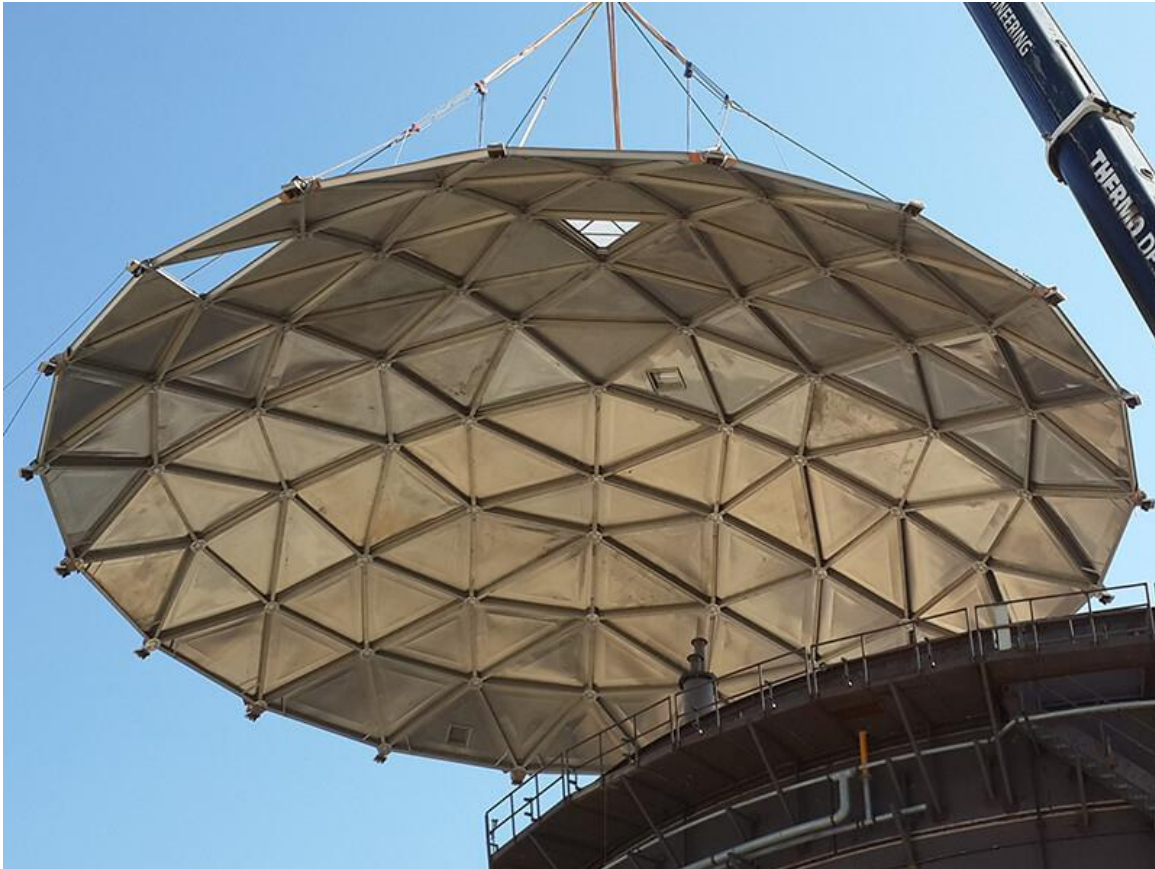


# Techo fijo auto-soportado

## Tipo rafter / girder



# Techo fijo auto-soportado Tipo domo



# Techo Flotante (Anexo C) Cubierta externa simple

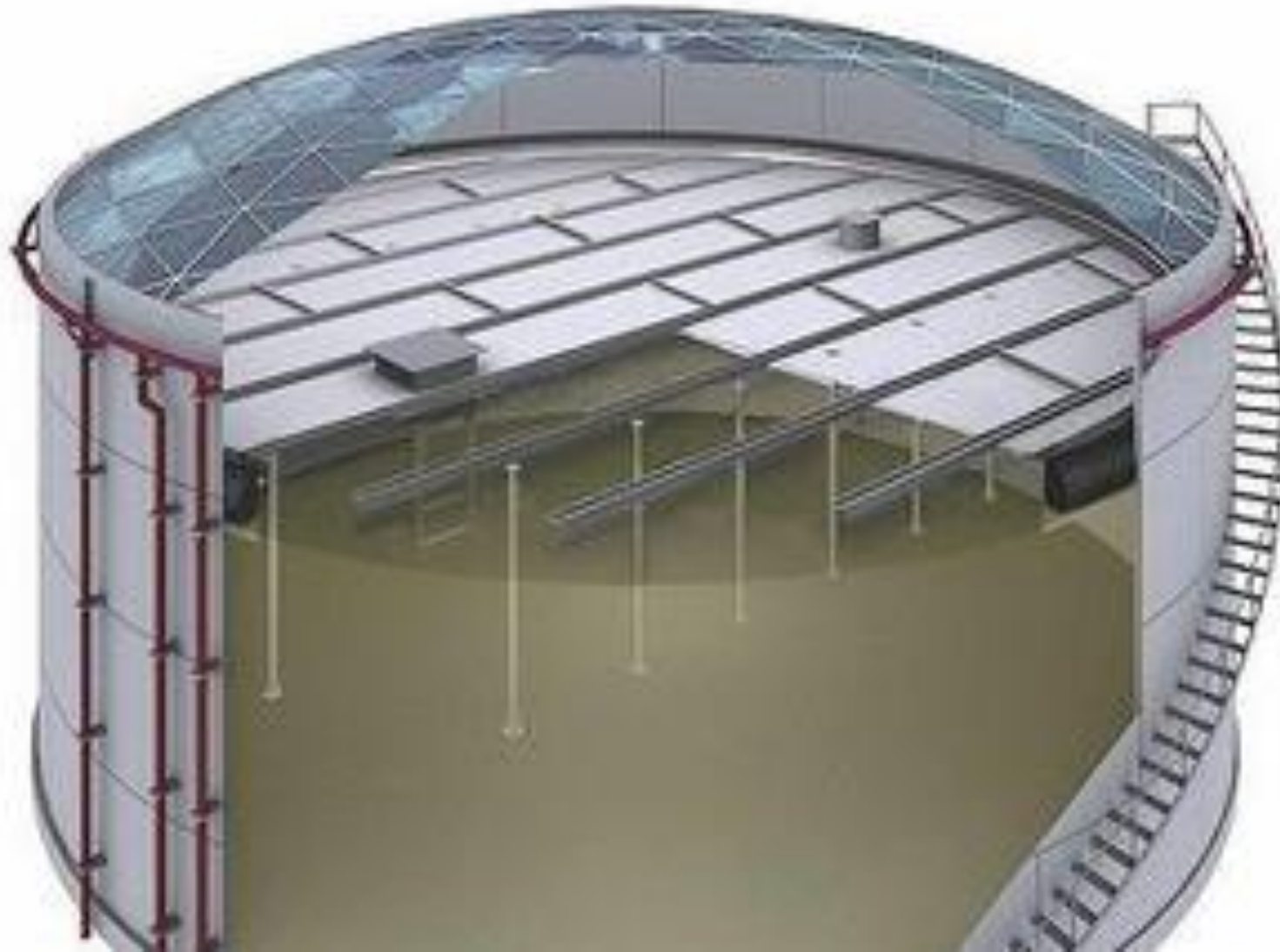


# Techo Flotante (Anexo C)

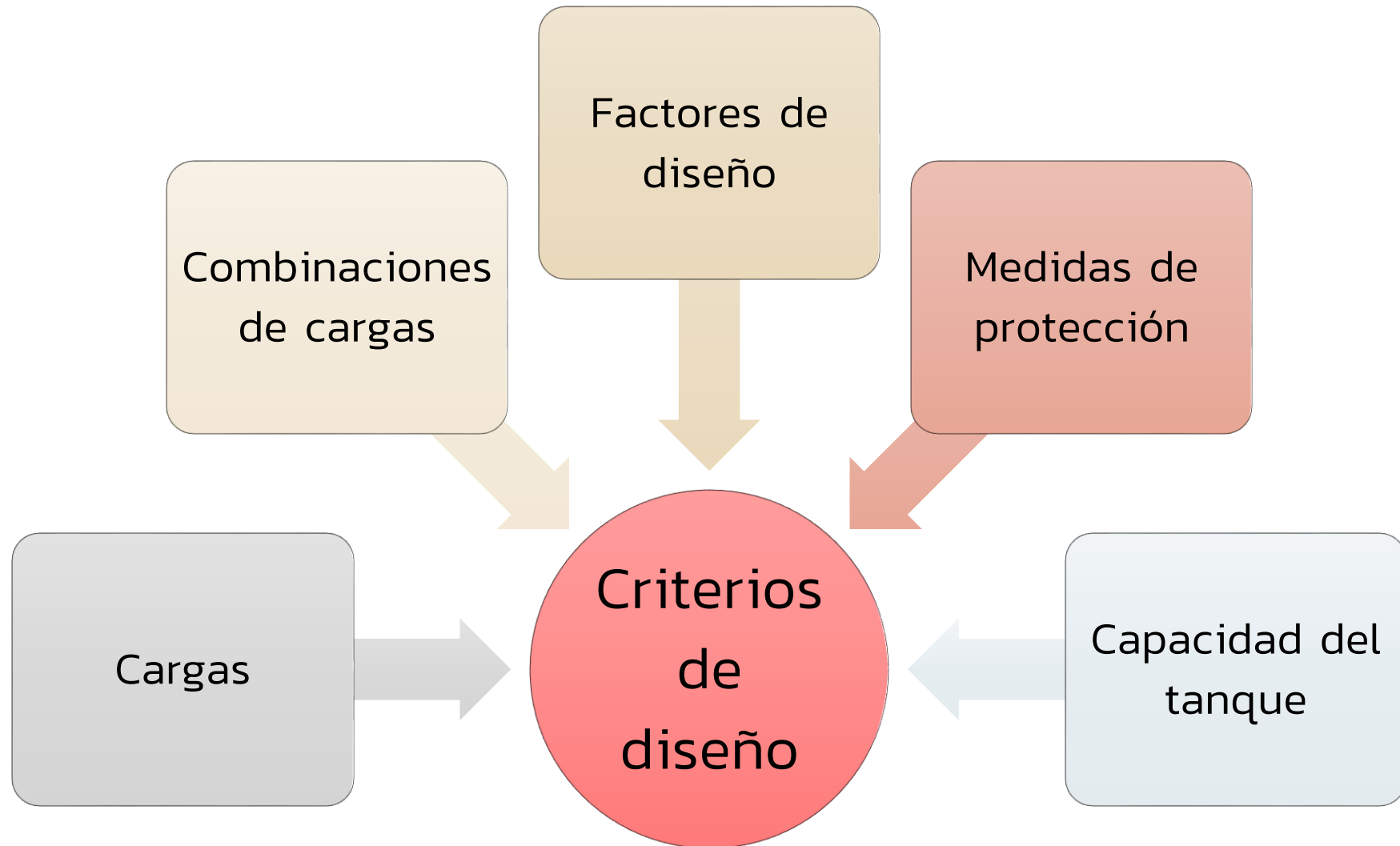
## Cubierta externa doble



# Techo Flotante (Anexo H) Cubierta interna



# Criterios de diseño (Sección 5.2)



# Criterios de diseño: Cargas

## Cargas

Carga muerta ( $D_L$ )

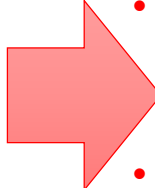
- Presión interna de diseño ( $P_i$ )
- Prueba hidrostática ( $H_t$ )
- Cargas de techo flotante interno ( $D_f, L_{f1}, L_{f2}$ )
- Carga viva mínima en el techo ( $L_r$ )
- Sismo (E)
- Nieve (S)
- Líquido almacenado (F)
- Prueba de presión ( $P_t$ )
- Viento (W)

PESO PROPIO DE LOS  
ELEMENTOS DEL TANQUE



# Criterios de diseño: Cargas

## Cargas

- 
- Carga muerta ( $D_L$ )
  - Presión interna de diseño ( $P_i$ )
  - Prueba hidrostática ( $H_t$ )
  - Cargas de techo flotante interno ( $D_f, L_{f1}, L_{f2}$ )
  - Carga viva mínima en el techo ( $L_r$ )
  - Sismo (E)
  - Nieve (S)
  - Líquido almacenado (F)
  - Prueba de presión ( $P_t$ )
  - Viento (W)

PRESIÓN (MANOMÉTRICA) AL  
INTERIOR DEL TANQUE.

GENERALMENTE CERO.

# Criterios de diseño: Cargas

## Cargas

- Carga muerta ( $D_L$ )
- Presión interna de diseño ( $P_i$ )
- Prueba hidrostática ( $H_t$ )
- Cargas de techo flotante interno ( $D_f, L_{f1}, L_{f2}$ )
- Carga viva minima en el techo ( $L_r$ )
- Sismo (E)
- Nieve (S)
- Líquido almacenado (F)
- Prueba de presión ( $P_t$ )
- Viento (W)

PRESIÓN A LA CUAL SE  
REALIZARÁ LA PRUEBA  
HIDROSTÁTICA AL TANQUE  
FABRICADO.

# Criterios de diseño: Cargas

## Cargas

- Carga muerta ( $D_L$ )
- Presión interna de diseño ( $P_i$ )
- Prueba hidrostática ( $H_t$ )
- Cargas de techo flotante interno ( $D_f, L_{f1}, L_{f2}$ )
- Carga viva mínima en el techo ( $L_r$ )
- Sismo (E)
- Nieve (S)
- Líquido almacenado (F)
- Prueba de presión ( $P_t$ )
- Viento (W)

SE REFIERE A LOS EFECTOS SOBRE EL TANQUE, QUE OCASIONA EL PESO DEL TECHO FLOTANDO SOBRE EL FLUIDO ALMACENADO.

# Criterios de diseño: Cargas

## Cargas

- Carga muerta ( $D_L$ )
- Presión interna de diseño ( $P_i$ )
- Prueba hidrostática ( $H_t$ )
- Cargas de techo flotante interno ( $D_f, L_{f1}, L_{f2}$ )
- Carga viva mínima en el techo ( $L_r$ )
- Sismo (E)
- Nieve (S)
- Líquido almacenado (F)
- Prueba de presión ( $P_t$ )
- Viento (W)

VALOR QUE REPRESENTA LAS  
CARGAS EXTERNAS VARIABLES  
APLICADAS SOBRE EL TECHO.

# Criterios de diseño: Cargas

## Cargas

- Carga muerta ( $D_L$ )
- Presión interna de diseño ( $P_i$ )
- Prueba hidrostática ( $H_t$ )
- Cargas de techo flotante interno ( $D_f, L_{f1}, L_{f2}$ )
- Carga viva minima en el techo ( $L_r$ )



## Sismo (E)

- Nieve (S)
- Líquido almacenado (F)
- Prueba de presión ( $P_t$ )
- Viento (W)

VALOR QUE REPRESENTA LAS  
CARGAS EXTERNAS APLICADAS  
SOBRE EL TANQUE DURANTE  
UN SISMO.

# Criterios de diseño: Cargas

## Cargas

- Carga muerta ( $D_L$ )
- Presión interna de diseño ( $P_i$ )
- Prueba hidrostática ( $H_t$ )
- Cargas de techo flotante interno ( $D_f, L_{f1}, L_{f2}$ )
- Carga viva mínima en el techo ( $L_r$ )
- Sismo (E)
- Nieve (S)
- Líquido almacenado (F)
- Prueba de presión ( $P_t$ )
- Viento (W)

VALOR QUE REPRESENTA LAS CARGAS DEBIDO AL PESO DE NIEVE ACUMULADA SOBRE EL TANQUE.

# Criterios de diseño: Cargas

## Cargas

- Carga muerta ( $D_L$ )
- Presión interna de diseño ( $P_i$ )
- Prueba hidrostática ( $H_t$ )
- Cargas de techo flotante interno ( $D_f, L_{f1}, L_{f2}$ )
- Carga viva mínima en el techo ( $L_r$ )
- Sismo (E)
- Nieve (S)
- Líquido almacenado (F)
- Prueba de presión ( $P_t$ )
- Viento (W)

EFFECTOS DEL LÍQUIDO  
ALMACENADO, VARÍA SEGÚN LA  
DENSIDAD Y ALTURA DEL TANQUE.

# Criterios de diseño: Cargas

## Cargas

- Carga muerta ( $D_L$ )
- Presión interna de diseño ( $P_i$ )
- Prueba hidrostática ( $H_t$ )
- Cargas de techo flotante interno ( $D_f, L_{f1}, L_{f2}$ )
- Carga viva mínima en el techo ( $L_r$ )
- Sismo (E)
- Nieve (S)
- Líquido almacenado (F)
- Prueba de presión ( $P_t$ )
- Viento (W)

EL VALOR DE LA PRESIÓN EN  
UNA PRUEBA DE  
PRESURIZACIÓN INTERNA.



# Criterios de diseño: Cargas

## Cargas

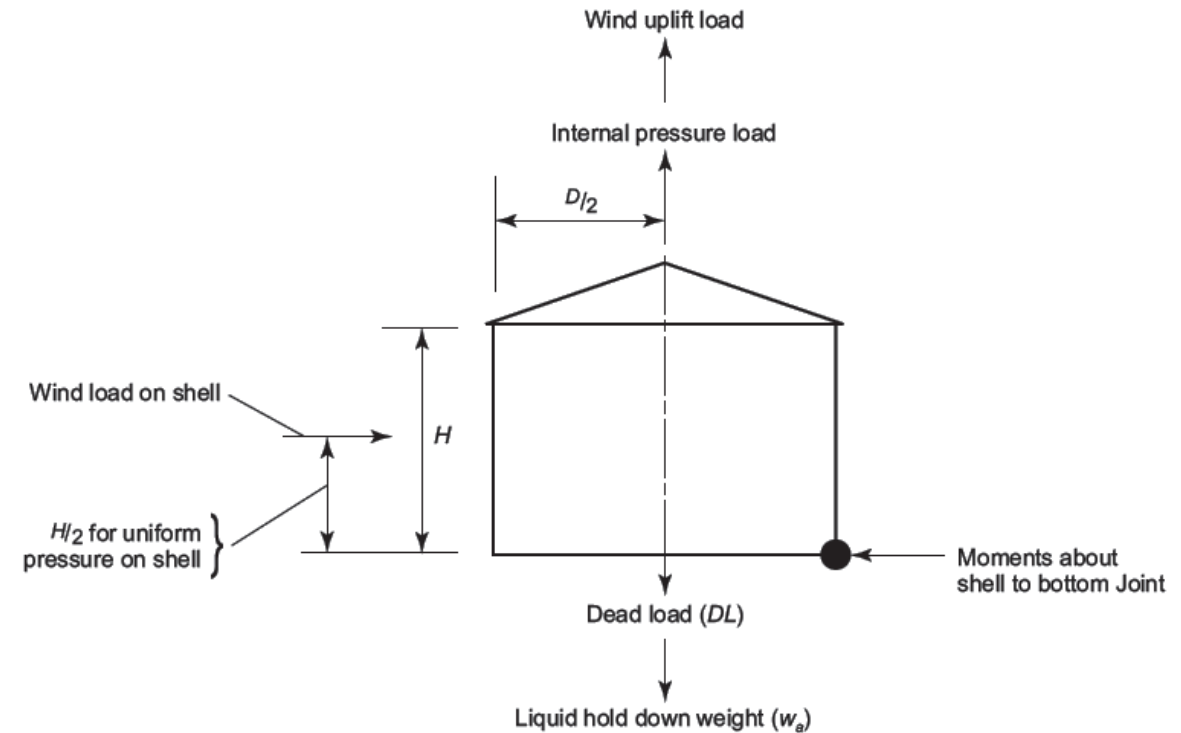
- Carga muerta ( $D_L$ )
- Presión interna de diseño ( $P_i$ )
- Prueba hidrostática ( $H_t$ )
- Cargas de techo flotante interno ( $D_f, L_{f1}, L_{f2}$ )
- Carga viva mínima en el techo ( $L_r$ )
- Sismo (E)
- Nieve (S)
- Líquido almacenado (F)
- Prueba de presión ( $P_t$ )
- Viento (W)

ACCIÓN DEL VIENTO SOBRE EL  
TANQUE.

*PUEDE OCASIONAR VOLCADURA O  
DEFORMACIÓN.*

# Crterios de diseo: Combinacin de cargas

- a) Fluid and Internal Pressure:  $D_L + F + P_i$
- b) Hydrostatic Test:  $D_L + H_t + P_t$
- c) Wind and Internal Pressure:  $D_L + W + F_p P_i$
- d) Wind and External Pressure:  $D_L + W + F_{pe} P_e$
- e) Gravity Loads:
  - 1)  $D_L + (L_r \text{ or } S_u \text{ or } S_b) + F_{pe} P_e$
  - 2)  $D_L + P_e + 0.4(L_r \text{ or } S_u \text{ or } S_b)$
- f) Seismic:  $D_L + F + E + 0.1S_b + F_p P_i$
- g) Gravity Loads for Fixed Roofs with Suspended Floating Roofs:
  - 1)  $D_L + D_f + (L_r \text{ or } S) + P_e + 0.4(P_{fe} \text{ or } L_{f1} \text{ or } L_{f2})$
  - 2)  $D_L + D_f + (P_{fe} \text{ or } L_{f1} \text{ or } L_{f2}) + 0.4[(L_r \text{ or } S) + F_{pe} P_e]$



# Criterios de diseño: Factores de diseño

El Usuario debe establecer:

- Temperatura de diseño (basado en condiciones ambientales)
- La máxima temperatura de diseño
- La gravedad específica de diseño
- La tolerancia por corrosión (de haber alguna)
- Factores sísmicos

## Criterios de diseño: Medidas de protección

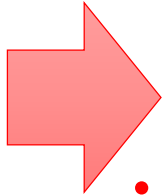
El usuario debe considerar la tolerancia por corrosión, test de dureza u otras medidas de protección que considere necesarias.

# Criterios de diseño: Capacidad del tanque

El usuario debe especificar:

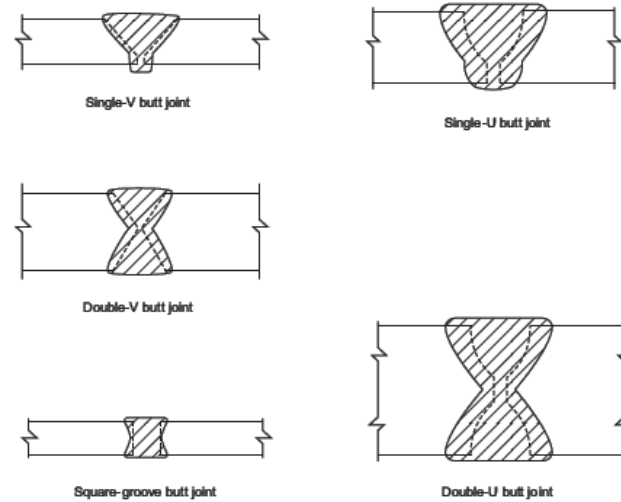
- La máxima capacidad y su requerimiento de protección de sobre-llenado.
- La capacidad neta del tanque.
- La capacidad mínima operativa.

# Elementos a diseñar en un tanque API 650



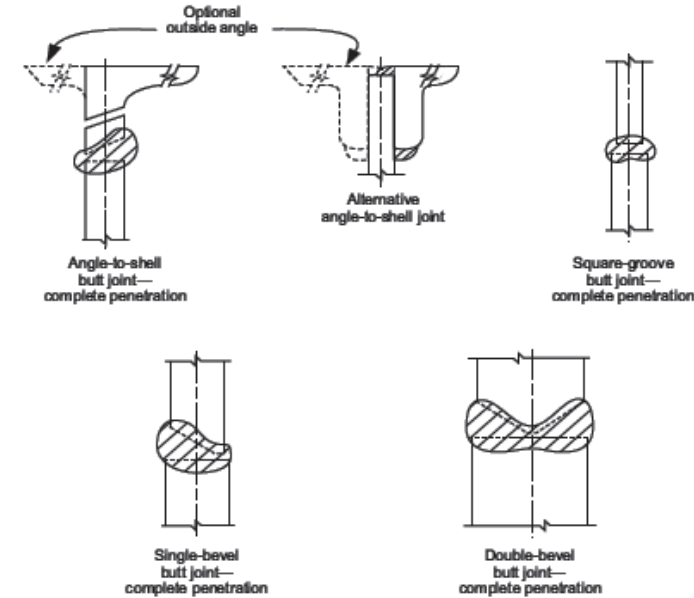
## Juntas soldadas

- Placas de fondo
- Casco
- Conexiones y aberturas en el casco
- Anillo superior
- Anillos rigidizadores
- Techo
- Silletas de anclaje
- Otros...



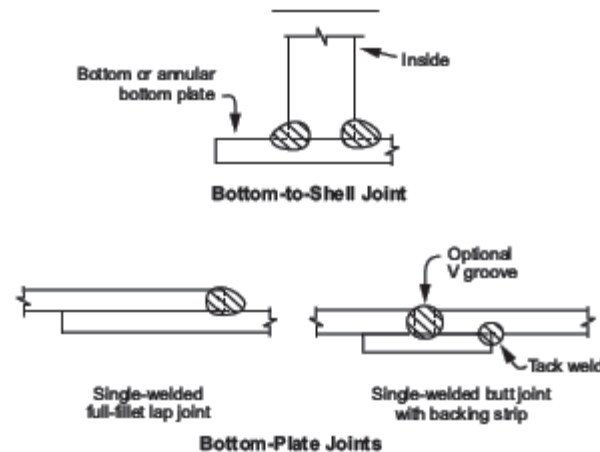
NOTE See 5.1.5.2 for specific requirements for vertical shell joints.

Figure 5.1—Typical Vertical Shell Joints



NOTE See 5.1.5.3 for specific requirements for horizontal shell joints.

Figure 5.2—Typical Horizontal Shell Joints



Bottom-Plate Joints

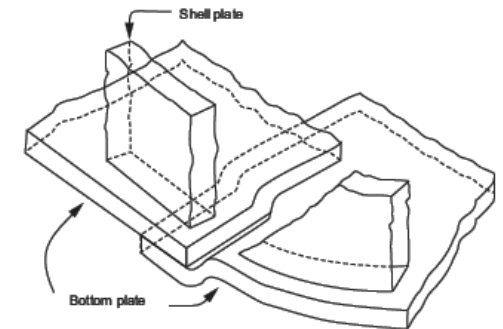


Figure 5.3b—Method for Preparing Lap-welded Bottom Plates under Tank Shell (See 5.1.5.4)

# Elementos a diseñar en un tanque API 650

- Juntas soldadas
- Placas de fondo
- Casco
- Conexiones y aberturas en el casco
- Anillo superior
- Anillos rigidizadores
- Techo
- Silletas de anclaje
- Otros...

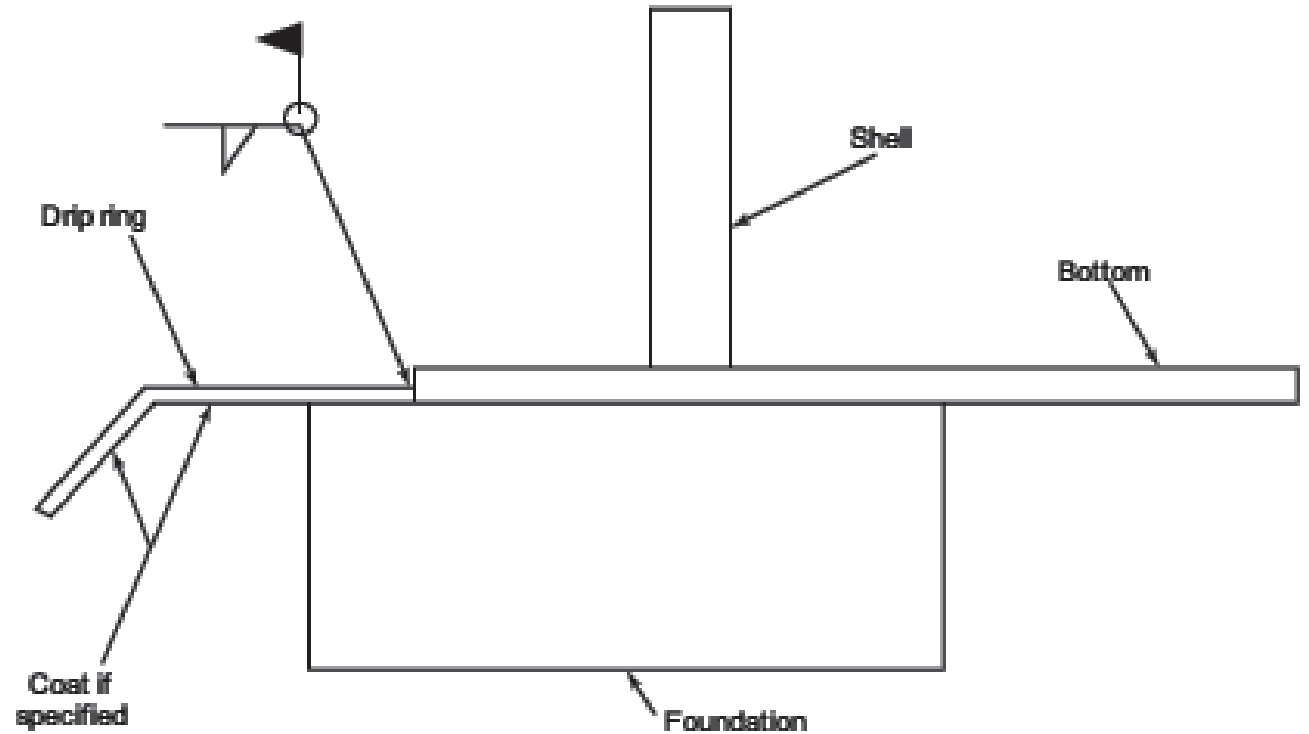
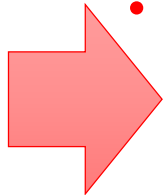


Figure 5.5—Drip Ring (Suggested Detail)

# Elementos a diseñar en un tanque API 650

- Juntas soldadas
- Placas de fondo



## Casco

- Conexiones y aberturas en el casco
- Anillo superior
- Anillos rigidizadores
- Techo
- Silletas de anclaje
- Otros...

| Nominal Tank Diameter |             |
|-----------------------|-------------|
| (m)                   | (ft)        |
| < 15                  | < 50        |
| 15 to < 38            | 50 to < 120 |
| 38 to 60              | 120 to 200  |
| > 60                  | > 200       |

| Nominal Plate Thickness |       |
|-------------------------|-------|
| (mm)                    | (in.) |
| 5                       | 3/16  |
| 6                       | 1/4   |
| 8                       | 5/16  |
| 10                      | 3/8   |

NOTE 1 Unless otherwise specified by the Purchaser, the nominal tank diameter shall be the centerline diameter of the bottom shell-course plates.

NOTE 2 The thicknesses specified are based on erection requirements.

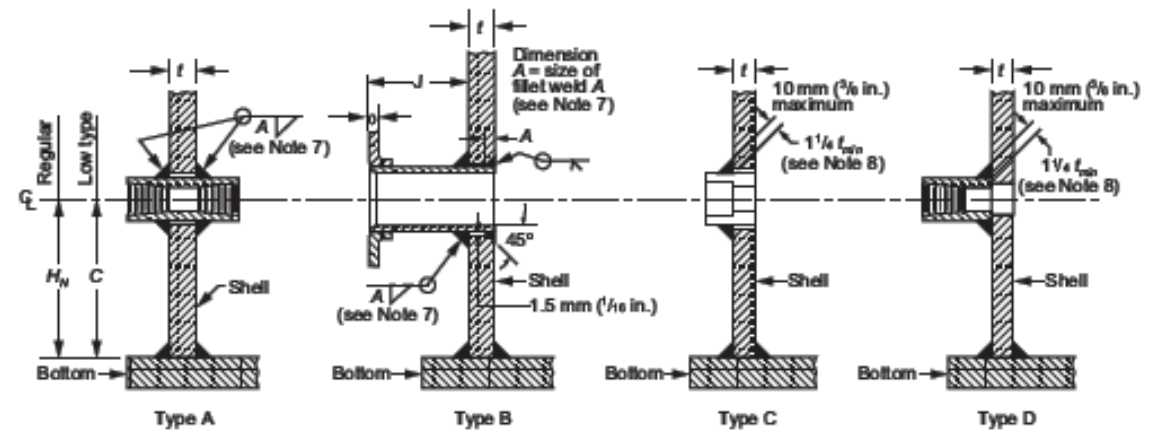
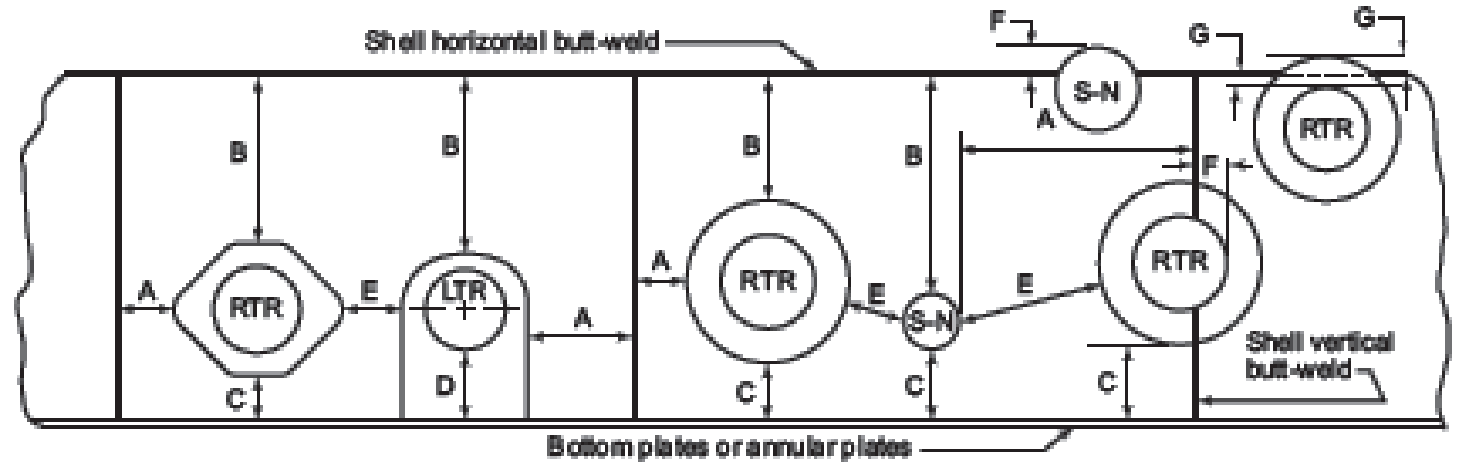
NOTE 3 When specified by the Purchaser, plate with a nominal thickness of 6 mm may be substituted for 1/4-in. plate.

NOTE 4 For diameters less than 15 m (50 ft) but greater than 3.2 m (10.5 ft), the nominal thickness of the lowest shell course shall not be less than 6 mm (1/4 in.).



# Elementos a diseñar en un tanque API 650

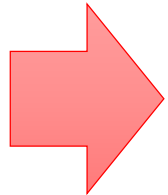
- Juntas soldadas
- Placas de fondo
- Casco
- Conexiones y aberturas en el casco
- Anillo superior
- Anillos rigidizadores
- Techo
- Silletas de anclaje
- Otros...



Couplings and Flanged Fittings, NPS 1/4 Through NPS 2 (see Note 3)

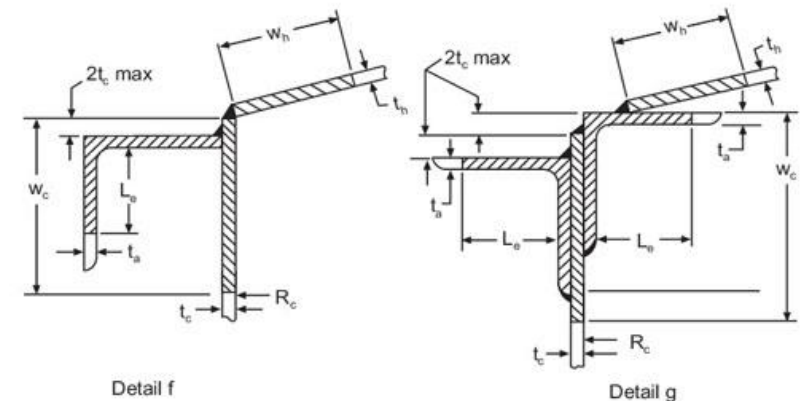
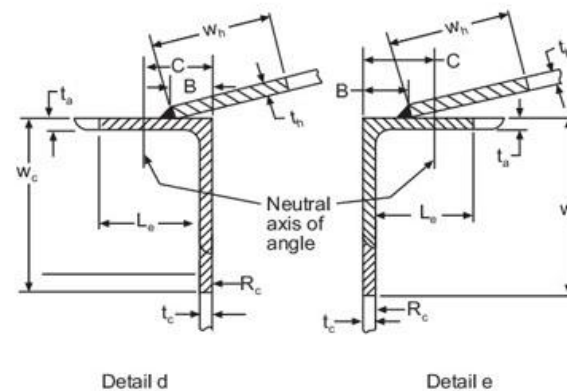
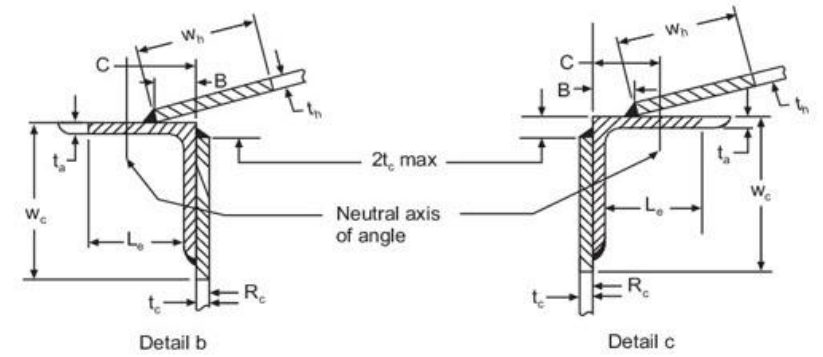
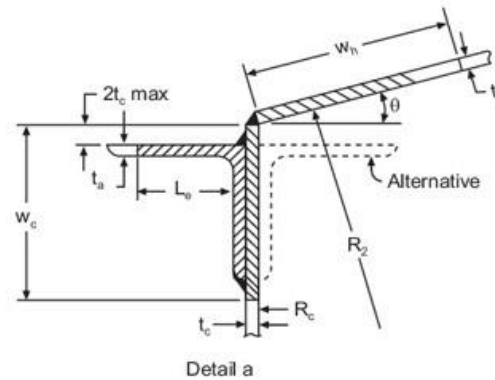
# Elementos a diseñar en un tanque API 650

- Juntas soldadas
- Placas de fondo
- Casco
- Conexiones y aberturas en el casco



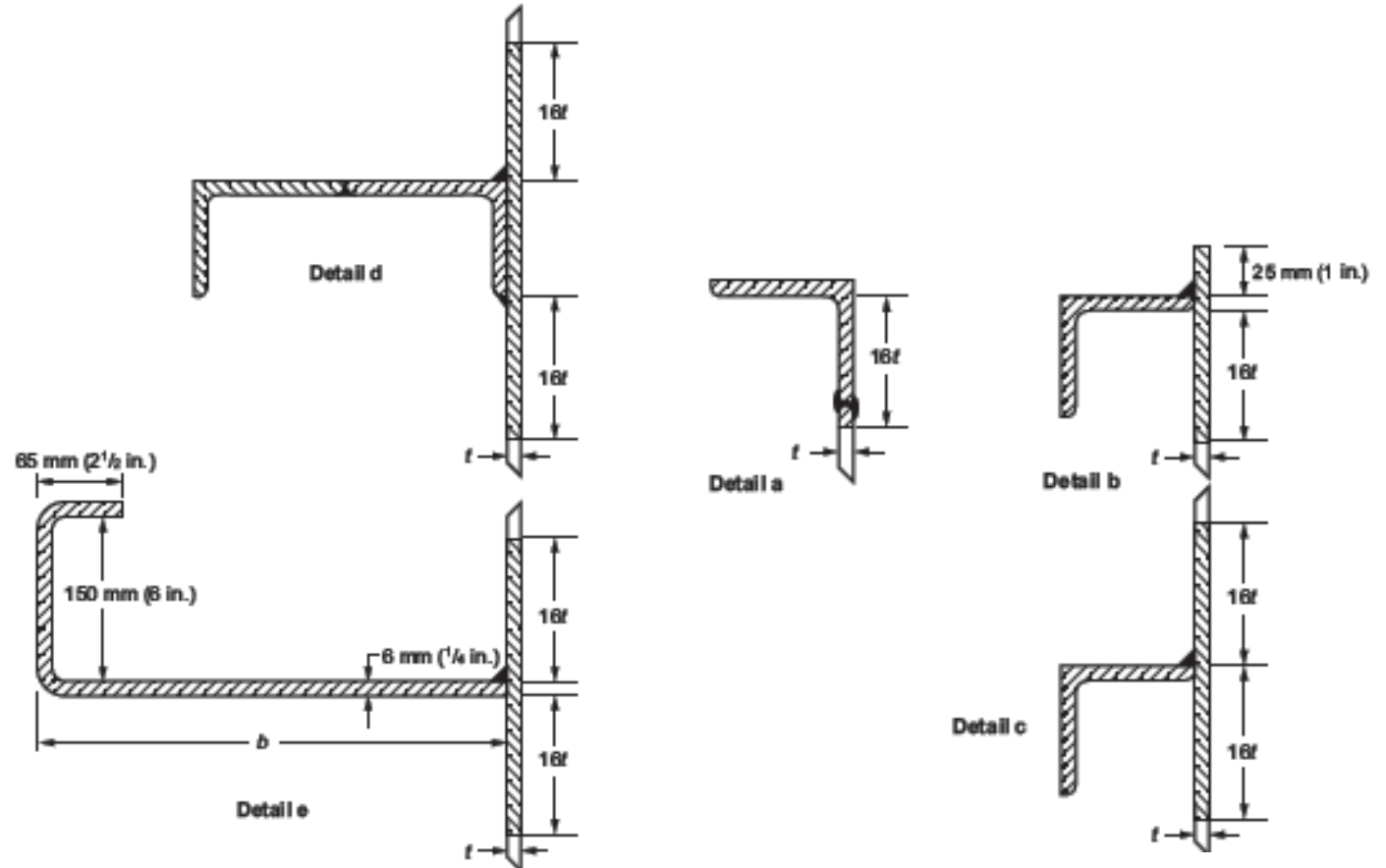
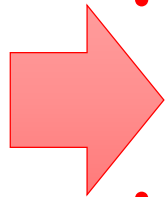
## Anillo superior

- Anillos rigidizadores
- Techo
- Silletas de anclaje
- Otros...



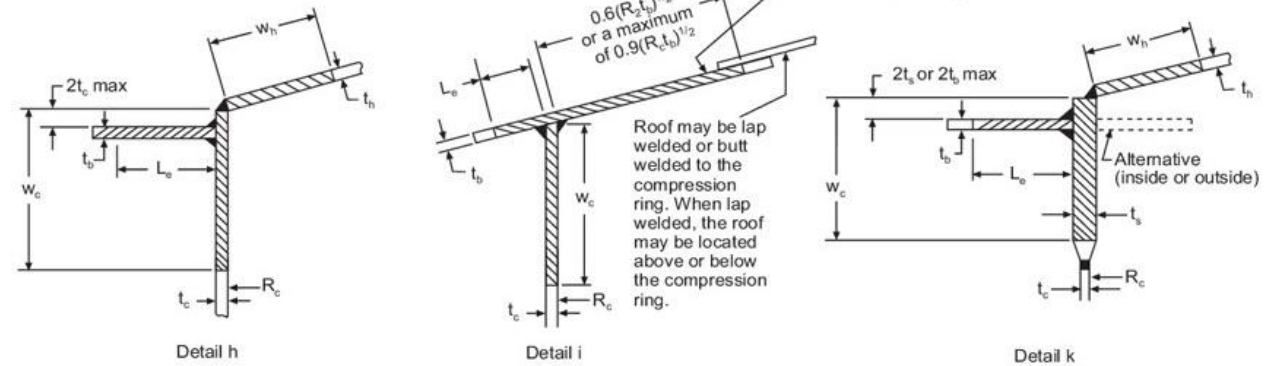
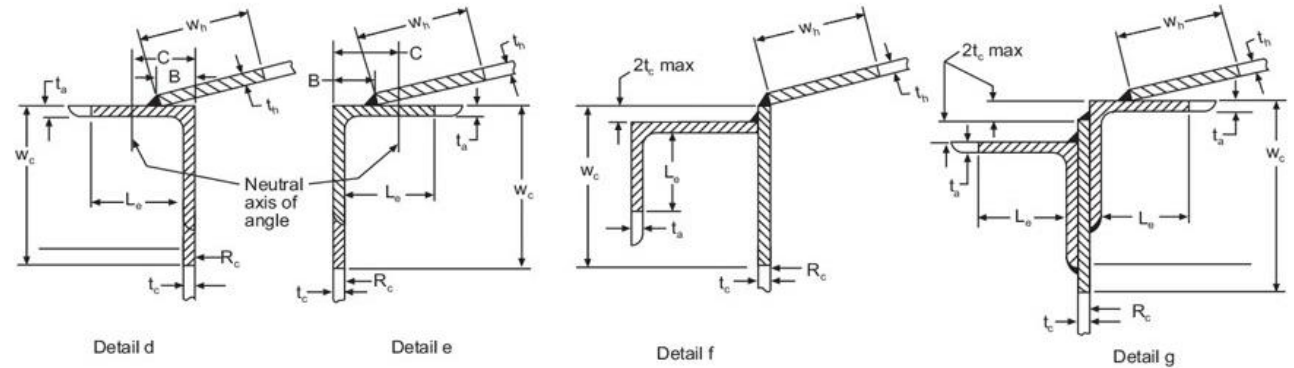
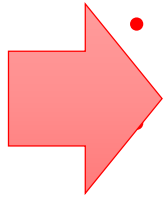
# Elementos a diseñar en un tanque API 650

- Juntas soldadas
- Placas de fondo
- Casco
- Conexiones y aberturas en el casco
- Anillo superior
- Anillos rigidizadores
- Techo
- Silletas de anclaje
- Otros...



# Elementos a diseñar en un tanque API 650

- Juntas soldadas
- Placas de fondo
- Casco
- Conexiones y aberturas en el casco
- Anillo superior
- Anillos rigidizadores
- Techo
- Silletas de anclaje
- Otros...



$t_a$  = thickness of angle leg  
 $t_b$  = thickness of bar  
 $t_c$  = thickness of shell plate  
 $t_h$  = thickness of roof plate  
 $t_s$  = thickness of thickened plate in shell  
 $t_r$  =  $t_b$  plus  $t_c$  (see note 4)  
 $w_c$  = maximum width of participating shell =  $0.6 (R_c t)^{1/2}$ , where  $t = t_a, t_c, t_s, \text{ or } t_r$  as applicable.

$w_h$  = maximum width of participating roof =  $0.3(R_2 t_b)^{1/2}$  or 300 mm (12 in.) whichever is less.  
 $R_c$  = inside radius of tank shell  
 $R_2$  = length of the normal to the roof, measured from the vertical centerline of the tank =  $R_c / (\sin \theta)$   
 $\theta$  = angle between roof and horizontal

# Elementos a diseñar en un tanque API 650

- Juntas soldadas
- Placas de fondo
- Casco
- Conexiones y aberturas en el casco
- Anillo superior
- Anillos rigidizadores
- Techo
- Silletas de anclaje
- Otros...

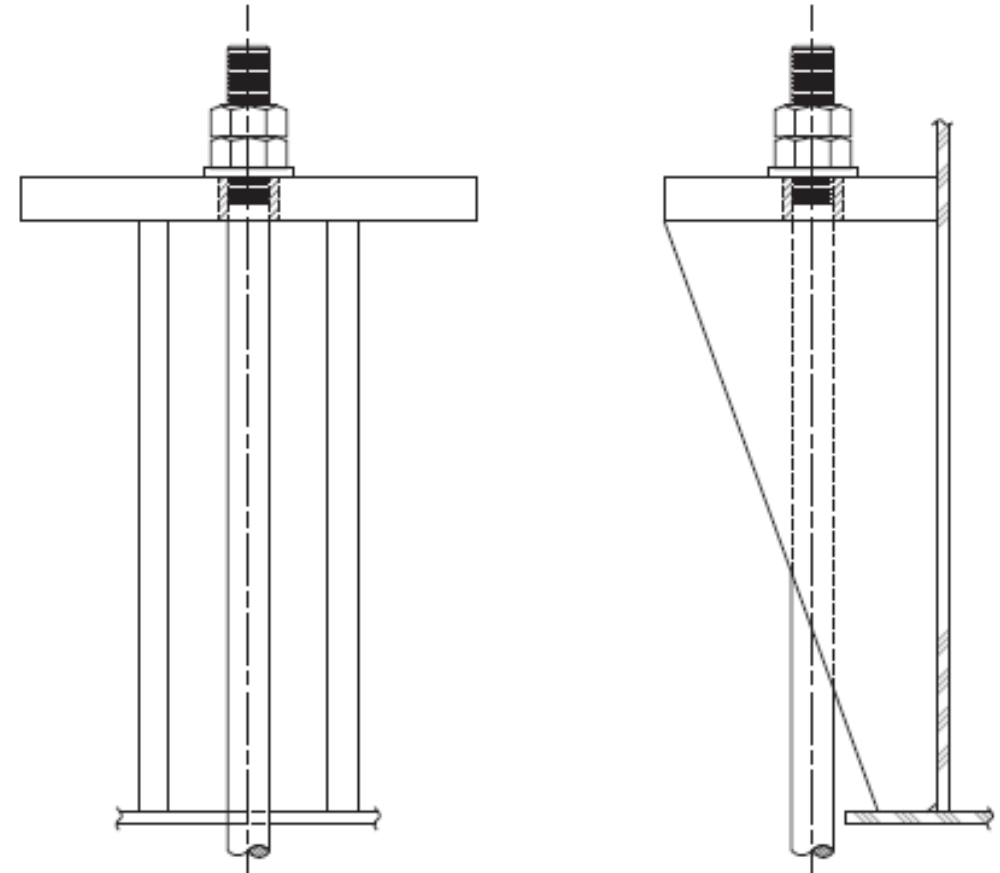
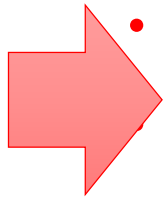


Figure 5.28—Typical Anchor Chair

# Ejemplo de ecuaciones: Espesor de casco

Método de 1 pie.

$$t_d = \frac{4.9D(H-0.3)G}{S_d} + CA$$

$$t_t = \frac{4.9D(H-0.3)}{S_t}$$

$t_d$  is the design shell thickness, in mm;

$t_t$  is the hydrostatic test shell thickness, in mm;

$D$  is the nominal tank diameter, in m (see 5.6.1.1, Note 1);

$H$  is the design liquid level, in m;

$G$  is the design specific gravity of the liquid to be stored, as specified by the Purchaser;

$CA$  is the corrosion allowance, in mm, as specified by the Purchaser (see 5.3.2);

$S_d$  is the allowable stress for the design condition, in MPa (see 5.6.2.1);

$S_t$  is the allowable stress for the hydrostatic test condition, in MPa (see 5.6.2.2).

## Ejemplo de calculo: Espesor de casco

Espesor mínimo de casco.

| Nominal Tank Diameter |             |
|-----------------------|-------------|
| (m)                   | (ft)        |
| < 15                  | < 50        |
| 15 to < 36            | 50 to < 120 |
| 36 to 60              | 120 to 200  |
| > 60                  | > 200       |

| Nominal Plate Thickness |                |
|-------------------------|----------------|
| (mm)                    | (in.)          |
| 5                       | $\frac{3}{16}$ |
| 6                       | $\frac{1}{4}$  |
| 8                       | $\frac{5}{16}$ |
| 10                      | $\frac{3}{8}$  |

**¿Como aprender más?**



CUPOS LIMITADOS

23

NOV

[www.j2mech.com/capacitacion](http://www.j2mech.com/capacitacion)

8.00 am a 5.00 pm  
Hotel San Blas.  
Miraflores Lima Perú

# DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO SEGÚN API 650

SEMINARIO PROFESIONAL

**J2MECH**  
INGENIERÍA Y DISEÑO

# Ronda de preguntas

# Gracias

**J2MECH**  
INGENIERÍA Y DISEÑO

[www.j2mech.com](http://www.j2mech.com)

Contacto: Ing. Carlos Nina Ochoa

Email: [carlosnina@j2mech.com](mailto:carlosnina@j2mech.com)

Teléfono: (511) 270-8552

Celular: (511) 994 981 564

Lima – Perú